

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**ADAPTACIÓN DE CINCO LÍNEAS DE AMARANTO
DE GRANO BLANCO *Amarantus caudatus* y CINCO
LÍNEAS DE ATACO O SANGORACHE *Amarantus
hybridus* EN LOS CANTONES OTAVALO y
ANTONIO ANTE**

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Msc. Raúl Barragán

ASESORES BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY:

Dr. Rick Jellen , PhD

Dr. Jeff Maughan, PhD

AUTOR: Sixto Stalin Tustón Torres

Ibarra-2007

1. RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos localidades Pucará a 2 513 msnm y Mojandita Mirador a 2 922 msnm, ambas en la provincia de Imbabura. Ecuador. Los objetivos del trabajo fueron: realizar la caracterización morfológica, agronómica y de calidad de las diez líneas de amaranto en estudio; identificar las líneas con las mejores características en rendimiento de grano y biomasa; determinar las características nutricionales de las líneas experimentales; obtener el costo de producción de una hectárea de amaranto. Se formuló la siguiente hipótesis: las características agronómicas y nutricionales de las diez líneas en estudio son iguales en las dos comunidades.

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones en cada localidad. Se realizaron pruebas de significación: Tukey al 5% para variedades, DMS al 5% para localidades y Análisis Combinado para la Interacción variedades x localidades. Se probaron las siguientes líneas: ECU-0014, ECU-0113, ECU-2210, ECU-4737, ECU-4744 de grano blanco y ECU-0069, ECU-0082, ECU-0102, ECU-0123 y ECU-0162 de grano negro. Las líneas analizadas fueron: altura de planta, diámetro del tallo basal, longitud del tallo, longitud de la panoja y rendimiento de grano/parcela.

Del estudio realizado, se concluye que no existen diferencias significativas en altura de planta y longitud del tallo entre líneas, en las dos comunidades. En el diámetro del tallo basal, longitud de la panoja y rendimiento se detectaron diferencias significativas entre líneas. Entre localidades se encontró que los resultados más promisorios se alcanzaron en Pucará. La línea Ecu-2210, presentó el mejor rendimiento en Mojanda, con un promedio de 1 300 kg/ha y la variedad Ecu-0014 en Pucará, con 1 400 kg/ha. Los mayores contenidos de proteína y hierro se alcanzaron en Mojanda; las líneas Ecu-0162 y Ecu-4744 obtuvieron el porcentaje más alto de proteína, 14.93 % y 14.58%. La variedad Ecu-0102 presentó 465,0 ppm de contenido de hierro, obteniendo el primer lugar. El costo de producción de una hectárea del

cultivo de amaranto es de \$1 543.95 dólares, los ingresos obtenidos por esta inversión es de \$2 520 dólares logrando una relación beneficio-coste de \$ 0.63 dólares.

Se recomienda cultivar las líneas Ecu-0162 y Ecu-4744 si se desea mayor contenido de proteína y para obtener grano con alto contenido de hierro se recomienda la línea Ecu-0102. Para obtener mejor rendimiento de grano por metro cuadrado de superficie, se recomienda cultivar la línea Ecu-2210 si se lo va hacer a alturas de 2 900 msnm, y la línea Ecu-0014 a alturas menores a 2 600 msnm. Por los resultados obtenidos, no se recomienda sembrar amaranto a alturas mayores de 3 000 msnm.

2. SUMMARY

This study was conducted in two locations: Pucará (2,413m above sea level) and Mojandita (2,922m above sea level), both of which are found in the province of Imbabura, Ecuador. The objectives of this study were to: characterize the morphological and agronomic traits as well as the overall quality of the ten amaranth accessions in this study; identify the accessions with the highest yield and biomass; determine the nutritional characteristics of the experimental accessions; and determine the cost of production of amaranth per hectare. The following null hypothesis was assumed: the agronomic and nutritional characteristics of the ten accessions in this study are equal in both locations.

A randomized block design with ten treatments and three repetitions was employed for each location. The following tests of significance were performed: Tukey test at the 5% significance level for accessions, DMS at 5% for locations and Combined Analysis for the variety x location interaction. The following lines were used: ECU-0014, ECU-0113, ECU-2210, ECU-4737, ECU-4744, which represented pale-seeded grain types, y ECU-0069, ECU-0082, ECU-0102, ECU-0123 y ECU-0162, representing dark-seeded grain types.

These accessions were analyzed for: plant height, diameter of the base of the stem, stem length, panicle length, grain/plot yield.

Based on the results of this study, we conclude that no significant difference exists between the accessions on the basis of plant height and stem length in either location. For stem diameter, panicle length, and yield, however, significant differences among the accessions were detected. Between locations, the most promising results were observed in Pucará. The accession ECU-2210 gave the highest yield in Mojanda, with 1,300kg/ha, while the accession ECU-0014 had the highest yield in Pucará, with 1,400kg/ha. Overall, the best protein and iron content was observed in Mojanda; the accessions ECU-0162 and ECU-4744 had the highest percentage of protein, with 14.93 % y 14.58% respectively. The highest observed iron content was 465.0 ppm in the accession ECU-0102. The cost of producing one hectare of cultivated amaranth grain is \$1,543.95. The sale of this investment totaled \$2,520, giving a cost-benefit ratio of \$0.63.

Growing the accessions ECU-0612 and ECU-4744 is recommended if high protein content is desired, while the accession ECU-0102 is recommended in order to obtain the highest iron content. To obtain the highest yield per square meter, the accessions ECU-2210 is recommended at altitudes of 2,900m above sea level, while ECU-0014 is recommended for altitudes less than 2,600m. Based on the results of this study, it is not recommended that amaranth be planted at altitudes higher than 3,000m.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 UBICACIÓN Y CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS

	LOCALIDAD 1	LOCALIDAD 2
Provincia	Imbabura	Imbabura
Cantón	Otavalo	Antonio Ante
Sector	Mojandita Mirador	Pucará
Altitud	2922 msnm	2513 msnm
Temperatura media	14,1°C	15,8 °C
Precipitación	1100mm	734,8mm

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Semilla de 10 líneas de amaranto, flexómetro, tamiz, calculadora, balanza electrónica, cámara fotográfica, filmadora, 18 – 46 – 0, sulpomag, urea, neem-X, etc.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 FACTORES EN ESTUDIO

Diez líneas de amaranto (cinco grano negro y cinco grano blanco) y dos localidades.

En ambas localidades, se perdieron variedades, las lluvias y vientos presentes en los meses de octubre y noviembre del 2005, provocaron el volteamiento de las mismas, razón por la cual, en la localidad 1, se redujo a 7 variedades y en la localidad 2 a 9 variedades cabe resaltar, que para facilidad de estudio, se decidió trabajar con 7 variedades de cada comunidad las mismas que se detallan a continuación.

Cuadro 1. Variedades del ensayo Mojanda-Pucara, 2006.

Tratamiento	Descripción
V1	ECU-0014 Grano Blanco
V 2	ECU-0113 Grano Blanco
V3	ECU-2210 Grano Blanco
V4	ECU-4737 Grano Blanco
V5	ECU-4744 Grano Blanco
V8	ECU-0102 Grano Negro
V9	ECU-0123 Grano Negro

3.3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 10 tratamientos (variedades) y 3 repeticiones en cada localidad.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Las características para cada localidad fueron:

Repeticiones:	3
Tratamientos:	10
Unidades Experimentales:	30
Superficie del ensayo:	378 m ²

3.3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Distancia de siembra	0. 60 m entre surco
Largo del surco	3 m
Sistema de siembra	chorro continuo
Número de surcos por parcela	3
Área	6 m ²

3.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cuadro 3. Esquema del Adeva

FV	GL
Total	20
Repeticiones	2
Variedades	6
Error E.	12

- Al detectarse diferencias significativas entre variedades, se utilizó prueba de Tukey al 5%.
- Una vez realizada esta etapa se empleó el Análisis Combinado para el estudio de la interacción variedades y localidades.

Cuadro 4. Esquema del Análisis Combinado.

FV	GL
Loc	1
BxL	4
VarxL	6
LV	6
Error	24

- Al detectarse una diferencia significativa entre localidades se realizó la prueba DMS al 5%.

3.3.6 VARIABLES

Altura de planta, diámetro del tallo, longitud del tallo, longitud de la panoja, rendimiento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ALTURA DE PLANTA: Todas las variedades tienen mayor altura en Mojanda, siendo la variedad 8 la que se comporta mejor en las dos localidades.

DIÁMETRO DEL TALLO BASAL: Se observa que existe igualdad entre el diámetro del tallo entre las localidades, Mojanda y Pucará, presentan diámetros similares entre las variedades, cabe resaltar que entre las variedades que presentan un mayor diámetro del tallo en Mojanda, son las variedades de grano negro, caso contrario en Pucará, donde los mayores diámetros se encontró en las variedades de grano blanco.

LONGITUD DEL TALLO: Se observa que las variedades de Mojanda, alcanzaron una longitud de tallo mayor , a las variedades de Pucará, por tanto la longitud del tallo no es igual, cabe resaltar que entre las variedades que presentan una mayor longitud

del tallo en Mojanda, son las variedades de grano negro, de tal manera que las condiciones de Mojanda, favorecieron, para que las variedades de grano negro alcanzaran una mejor longitud del tallo, demostrando una buena aceptación a esas condiciones agro climáticas.

LONGITUD DE LA PANOJA: Se puede apreciar que las longitudes de la panoja entre las variedades de Mojanda, tienen un rango de separación mayor que las variedades de Pucará, las variedades que mayor longitud de panoja alcanzaron en la localidad 1, fueron la V9 y V8, caso contrario sucedió en Pucará, en donde la mismas variedades V9 y V8, quedaron rezagadas de las demás, de tal manera que las condiciones de Mojanda, favorecieron a las variedades de grano negro, para alcanzar un mayor diámetro de la panoja, y las condiciones agro climáticas de Pucará, favorecieron a las variedades de grano blanco, que fueron las que alcanzaron los valores mas altos en esta variable.

RENDIMIENTO: Se observa que existe variabilidad de rendimiento entre las variedades de cada localidad, por la separación que presentan las mismas, la una de la otra, a su vez se determinó que las mejores variedades en cuanto a rendimiento en cada localidad, son variedades de grano blanco (*amaranthus caudatus*), las condiciones agro climáticas de Pucará, favorecieron a las variedades de grano blanco, que fueron las que alcanzaron los rendimientos mas altos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la altura de planta no se presentó diferencia significativa en las dos localidades, la mejor localidad fue Mojanda que obtuvo alturas de 93.3 cm a 122.2 cm.
- El diámetro del tallo es un factor de carácter genético, puesto que los resultados obtenidos demuestra que las condiciones ambientales no afecta a esta variable.

- En relación a la longitud del Tallo no existe diferencia significativa para variedades, esto ocurre en las dos localidades, sin embargo es significativa entre localidades, siendo la mejor localidad para esta variable Mojanda donde se observó que las variedades alcanzaron una longitud de tallo mayor.
- Referente a la longitud de la panoja se observó que existe diferencia significativa para variedades, el material genético no es igual entre las variedades, siendo las variedades Ecu-0123 y Ecu-0102, con el mejor rango en Mojanda y la variedad Ecu-2210 y Ecu-4737 en Pucará, la mejor localidad fue Pucará por presentar los mejores resultados.
- En cuanto al rendimiento, se observó que existe diferencia significativa para variedades, la variedad Ecu-2210, con el rango más alto en Mojanda, y la variedad Ecu-0014 en Pucará, siendo la mejor localidad Pucará, donde se obtuvo los más altos rendimientos, las mejores variedades en cuanto a rendimiento en cada localidad fueron las variedades de grano blanco (*amaranthus caudatus*).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar variedades homogéneas, para facilitar la toma e interpretación de los datos, y a la vez obtener resultados más exactos.
- Se debe sembrar a principios del año, con suelos húmedos, para asegurar la germinación, el piso climático no debe superar los 2900 msnm, sobre esta altura, el cultivo es tardío y el invierno puede afectar la cosecha.
- Realizar investigaciones, sobre los diferentes pisos climáticos, y épocas de siembra, para ver la influencia de los mismos en el cultivo de amaranto.
- Utilizar diferentes técnicas de cultivo como mixtos, o de labranza cero, para ver el comportamiento del amaranto ante los mismos.
- Realizar una investigación sobre adaptación de las mejores variedades de la presente investigación, con el fin de poder conocer la mejor variedad, en cuanto a precocidad, rendimiento y calidad de grano.

- En la cosecha se debe tener en cuenta los signos de madurez, si no se la realiza en el tiempo indicado la perdida por caída de grano será en porcentajes altos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALLARD, R. W. (1964). Relating ship between genetic diversity consistency of performance in difference environments crop Sci. 1:127-133pp.
- ARÉVALO, S. 1990. Determinación de la Calidad Biológica y Organoléptica del Concentrado de Hojas de *Amaranthus caudatus* L. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba-Bolivia.pp.
- BENAVIDES C. (1996). Comportamiento de seis variedades de amaranto (*amaranthus caudatus* L.) a través de cinco localidades de la provincia Mizque-Cochabamba pp.
- CABRERA, N. y J. FARGAS, (1987). Análisis del seguimiento de dos especies de amaranthus. Ed. Arch. Latinoamericano. Nutri. 2:1-39
- CARBALLO, C. A. y A. MARQUEZ. (1970). Composición de variedades de maíz de el Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Agrociencia. 5(1):129-146 pp.
- CATÁLOGO DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE AMARANTO (2003) (*Amaranthus sp.*) INIAP-ECUADOR, 2003. programa Nacional de Leguminosas y granos andinos pp.
- COLECCIÓN FAO, (1992). Producción y Protección Vegetal N° 26. Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Roma, Italia 143-146 pp.
- GADERI, A.; E. H. EVERSON y C. E. CRESS. (1980). Classification of enviroment and genotypes in wheat. Crop. Sci. 27(6):707-710.
- HAUPTLI, H. 1977. Agronomic Potential and Breeding Strategy for Grain Amaranths. In: Proceedings of the first Amaranth Seminar. Rodale Press. Inc. USA pp 71-81.

- IRVING, D.W., BETSCHART, A.A. y SAUNDERS, R.M. 1981. Morphologic studies on *Amaranthus cruentus*. J. Foods Science 46: 1170-1173.
- LANG. R. (1985). Physiology of flower formation. c. f. Berlin, W. Springer-Verlag. pp. 1380-1536.
- MONTEROS, C. et al (1994). INIAP – ALEGRIA: Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana. Boletín divulgativo N° 246. 24.
- NIETO C. El cultivo de amaranto, *Amaranthus* spp, una alternativa agronómica para Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador 1989. 28 p. (Publicación miscelánea No. 52).
- POEY, F. R. 1978. El mejoramiento integral del maíz, valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Chapingo, México, D. F. Colegio de postgrados. 90 p.
- SCHELDEMAN X. LIBREROS, D. y JIMÉNEZ D. (2001) Desarrollo de Especies Silvestres Nativas en Cultivos de Exportación International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) Regional Office for the Americas
- SINGHAL, B.K. y DAVID N. 1984. Inicios de la investigación en amaranto, como cultivo alimenticio, en el sub-continente Hindu. Laboratory of plant Ecology Botany Department. Ed. Arch. Latin. Nutr. USA – Washintong, D.C. 4: 3-4.
- VALVERDE, F.M. Efecto del nitrógeno y potasio en el desarrollo y rendimiento de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L) tipo mercado.
- VIETMEYER, N.D. 1982. Amaranth: Return of the Aztec Mystery crop. In: Yearbook of Science in the Future. Ed. Encyclopedia Britanica. Inc. Chicago, III. pp 189 – 195.
- WANG SHU-UN; LIU XIN-HAI y LI JIA-YI. 1985. Breve informe de una serie de estudios del amaranto de semilla. Beijing Agricultural University Beijing, China. Ed. Arch. Latin. Nutr. USA- Washington, D.C. 3: 7-9.

INTERNET

1. A.C. (AMA).La Asociación Mexicana del Amaranto, disponible en (www.amaranto.org.mx)
2. ESPITIA E. Estabilidad del Rendimiento en Amaranto INIFAP, disponible en <http://www.amaranto.org.mx/article/view/112/1/45>.
3. Espitia, R.E., C.F. Gonzales y C.S. Miranda. (1991). Asociación genética del rendimiento y sus componentes en razas de amaranto. p. 39. *En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec*, disponible en (<http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro01/Cap4.htm#Idetipo>).
4. FAO. Org disponible en <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro01/Cap4.htm#Idetipo>)